

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60368-1

Troisième édition
Third edition
1992-06

Filtres piézoélectriques

**Première partie:
Informations générales, valeurs normalisées
et conditions d'essais**

Piezoelectric filters

**Part 1:
General information, standard values
and test conditions**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60368-1: 1992

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- IEC web site*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60368-1

Troisième édition
Third edition
1992-06

Filtres piézoélectriques

**Première partie:
Informations générales, valeurs normalisées
et conditions d'essais**

Piezoelectric filters

**Part 1:
General information, standard values
and test conditions**

© IEC 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

Pages

AVANT-PROPOS 6

SECTION 1: INFORMATIONS GÉNÉRALES ET VALEURS NORMALISÉES

Articles

1.1	Domaine d'application et objet	8
1.2	Références normatives	8
1.3	Termes généraux	10
1.4	Caractéristiques de réponse	14
1.5	Types de filtres et de réseaux	26
1.6	Filtres à céramiques piézoélectriques	26
1.7	Filtres monolithiques	26
1.8	Valeurs normalisées et tolérances	28
1.9	Marquage	30

SECTION 2: CONDITIONS D'ESSAIS

2.1	Généralités	32
2.2	Conditions normales d'essais	32
2.3	Examen visuel et contrôle des dimensions	34
2.4	Caractéristiques de transmission	34
2.4.1	Méthodes de mesure.....	34
2.4.1.1	Généralités	34
2.4.1.2	Mesure de l'affaiblissement d'insertion	34
2.4.1.3	Mesure de la phase	38
2.4.1.4	Mesure du retard de groupe	38
2.4.1.5	Mesure de l'affaiblissement d'écho	40
2.4.1.6	Mesure de la distorsion d'intermodulation	42
2.4.2	Conditions de mesure	46
2.4.2.1	Mesure de l'affaiblissement d'insertion, de la caractéristique de phase et de la caractéristique du retard de groupe aux impédances de charge spécifiées et dans des conditions atmosphériques normales ...	46
2.4.2.2	Mesure de l'affaiblissement d'insertion, de la caractéristique de phase et de la caractéristique du retard de groupe en fonction de la température	48
2.4.2.3	Mesure de l'affaiblissement d'écho aux impédances de charge spécifiées et dans des conditions atmosphériques normales	48
2.4.2.4	Mesure de l'affaiblissement d'écho aux impédances de charge spécifiées en fonction de la température	50
2.4.2.5	Mesure de la distorsion d'intermodulation dans des conditions atmosphériques normales	50

Page

SECTION 1: GENERAL INFORMATION AND STANDARD VALUES

1.1	Scope and object	9
1.2	Normative references	9
1.3	General terms	11
1.4	Response characteristics	15
1.5	Network and filter types	27
1.6	Piezoelectric ceramic filters	27
1.7	Monolithic filters	27
1.8	Standard values and tolerances	29
1.9	Marking	31

2.1	General	33
2.2	Standard conditions for testing	33
2.3	Visual examination and check of dimensions	35
2.4	Transmission characteristics	35
2.4.1	Measurement methods	35
2.4.1.1	General	35
2.4.1.2	Insertion attenuation measurement	35
2.4.1.3	Phase measurement	39
2.4.1.4	Group delay measurement	39
2.4.1.5	Return attenuation measurement	41
2.4.1.6	Intermodulation distortion measurement	43
2.4.2	Measurement conditions	47
2.4.2.1	Measurement of insertion attenuation, phase and group delay characteristics at specified terminating impedances and at standard atmospheric conditions	47
2.4.2.2	Measurement of insertion attenuation, phase and group delay characteristics as a function of temperature	49
2.4.2.3	Measurement of return attenuation at specified terminating impedances and at standard atmospheric conditions	49
2.4.2.4	Measurement of return attenuation at specified terminating impedances as a function of temperature	51
2.4.2.5	Measurement of intermodulation distortion at standard atmospheric conditions	51

Articles	Pages
2.5 Résistance d'isolement	50
2.6 Essai de rigidité diélectrique	50
2.7 Etanchéité	50
2.7.1 Essai A	50
2.7.2 Essai B	52
2.8 Essai de stockage	52
2.9 Vieillessement à haute température	52
2.10 Robustesse des sorties	52
2.10.1 Essai de traction et de poussée sur les sorties	52
2.10.2 Essai de couple	54
2.11 Soudabilité des sorties	54
2.11.1 Méthode du bain de soudure	54
2.11.2 Méthode du fer à souder	54
2.12 Variations rapides de température	54
2.13 Secousses	54
2.14 Vibrations	54
2.15 Chocs	54
2.16 Accélération constante	56
2.17 Séquence climatique	56
2.17.1 Chaleur sèche	56
2.17.2 Essai cyclique de chaleur humide, premier cycle	56
2.17.3 Froid	56
2.17.4 Essai cyclique de chaleur humide, cycles restants (lorsque cet essai est applicable)	56
2.18 Essai continu de chaleur humide	56
2.19 Basse pression atmosphérique	56
2.20 Moisissures	56
Annexe A – Recommandations générales pour les essais de type	58

Clause	Page
2.5 Insulation resistance	51
2.6 Voltage proof	51
2.7 Sealing	51
2.7.1 Test A	51
2.7.2 Test B	53
2.8 Storage test	53
2.9 High temperature ageing	53
2.10 Strength of terminations	53
2.10.1 Tensile test and thrust test on terminations	53
2.10.2 Torque test	55
2.11 Solderability of terminations	55
2.11.1 Solder bath method	55
2.11.2 Soldering iron method	55
2.12 Rapid change of temperature	55
2.13 Bump	55
2.14 Vibration	55
2.15 Shock	55
2.16 Acceleration, steady state	57
2.17 Climatic sequence	57
2.17.1 Dry heat	57
2.17.2 Damp heat, cyclic, first cycle	57
2.17.3 Cold	57
2.17.4 Damp heat, cyclic, remaining cycles (where applicable)	57
2.18 Damp heat, steady state	57
2.19 Low air pressure	57
2.20 Mould growth	57
Annex A – General recommendations for type tests	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILTRES PIÉZOÉLECTRIQUES

Partie 1: Informations générales, valeurs normalisées
et conditions d'essais

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente partie de la Norme internationale CEI 368 a été établie par le Comité d'Etudes n° 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques et diélectriques pour la commande et le choix de la fréquence. Elle constitue la partie 1 de la CEI 368.

Cette troisième édition de la CEI 368-1 annule et remplace la deuxième édition, parue en 1982.

La Publication 368 de la CEI: Filtrés piézoélectriques, est composée des parties suivantes:

- 368-1: Partie 1: Informations générales, valeurs normalisées et conditions d'essais (1992).
- 368-2: Deuxième partie: Guide d'emploi des filtres piézoélectriques, qui comprend:
 - 368-2-1: Section un: Filtrés à quartz (1988).
 - 368-2-2: Section deux: Filtrés à céramique piézoélectrique (à l'étude).
[Cette publication remplacera la CEI 368B (1975).]
- 368-3: Partie 3: Encombrements normalisés (1991).

Le texte de cette partie est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
49(BC)207	49(BC)221

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette partie.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PIEZOELECTRIC FILTERS

Part 1: General information, standard values
and test conditions

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This part of International Standard IEC 368 has been prepared by IEC Technical Committee No. 49: Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection. It constitutes part 1 of IEC 368.

This third edition of IEC 368-1 supersedes and replaces the second edition, issued in 1982.

IEC 368: Piezoelectric filters, comprises:

- 368-1: Part 1: General information, standard values and test conditions (1992).
- 368-2: Part 2: Guide to the use of piezoelectric filters, which comprises:
 - 368-2-1: Section one: Quartz crystal filters (1988).
 - 368-2-2: Section two: Piezoelectric ceramic filters (under consideration).
[This publication will replace IEC 368B (1975).]
- 368-3: Part 3: Standard outlines (1991).

The text of this part is based on the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
49(CO)207	49(CO)221

Full information on the voting for the approval of this part can be found in the Voting Report indicated in the above table.

Annex A is for information only.

FILTRES PIÉZOÉLECTRIQUES

Partie 1: Informations générales, valeurs normalisées et conditions d'essais

SECTION 1: INFORMATIONS GÉNÉRALES ET VALEURS NORMALISÉES

1.1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 368 est applicable aux filtres piézoélectriques destinés à l'utilisation dans les télécommunications et dans l'appareillage de mesure.

Elle doit être utilisée conjointement avec la CEI 68: Essais d'environnement.

Cette partie donne des informations générales et spécifie les méthodes d'essais communes à tous les types de filtres piézoélectriques.

L'application des essais à chaque type de filtre piézoélectrique et les conditions spécifiques associées à chaque essai figurent dans la spécification particulière relative à chaque type.

En cas de désaccord entre les conditions de cette partie et les spécifications particulières, ce sont ces dernières qui font foi.

Cette partie a pour objet d'établir des règles uniformes pour l'appréciation des propriétés mécaniques, électriques et climatiques des filtres piézoélectriques, décrire les méthodes d'essais, recommander des valeurs normalisées et donner des directives pour l'utilisation et l'entretien de ces filtres.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 368. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 368 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 68: *Essais d'environnement.*

CEI 68-1: 1988, *Essais d'environnement – Première partie: Généralités et guide.*

CEI 68-2-1: 1990, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essais A: Froid.*

CEI 68-2-2: 1974, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essais B: Chaleur sèche.*

CEI 68-2-3: 1969, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Ca: Essai continu de chaleur humide.*

PIEZOELECTRIC FILTERS

Part 1: General information, standard values and test conditions

SECTION 1: GENERAL INFORMATION AND STANDARD VALUES

1.1 Scope and object

This part of IEC 368 relates to piezoelectric filters for use in telecommunication and measuring equipment.

IEC 68: Environmental testing procedures, shall be used in conjunction with this standard.

This part gives general information and methods of test common to all types of piezoelectric filters.

The applicability of the tests to each type of piezoelectric filter and the specific requirements for each test will be given in the detail specification relating to that type.

In case of conflict between the requirements of this part and the detail specification, the latter will take precedence.

The object of this part is to establish uniform conditions for assessing the mechanical, electrical and climatic properties of piezoelectric filters, to describe test methods, to give recommendations for standard values and to give guidance on the use and maintenance of such filters.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 368. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 368 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 68: *Environmental testing.*

IEC 68-1: 1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance.*

IEC 68-2-1: 1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests A: Cold.*

IEC 68-2-2: 1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests B: Dry heat.*

IEC 68-2-3: 1969, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ca: Damp heat, steady state.*

CEI 68-2-6: 1982, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Fc et guide: Vibrations (sinusoïdales).*

CEI 68-2-7: 1983, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Ga et guide: Accélération constante.*

CEI 68-2-10: 1988, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai J et guide: Moisissures.*

CEI 68-2-13: 1983, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai M: Basse pression atmosphérique.*

CEI 68-2-14: 1984, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai N: Variations de température.*

CEI 68-2-17: 1978, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Q: Étanchéité.*

CEI 68-2-20: 1979, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai T: Soudure.*

CEI 68-2-21: 1983, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de fixation.*

CEI 68-2-27: 1987, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Ea et guide: Chocs.*

CEI 68-2-29: 1987, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Eb et guide: Secousses.*

CEI 68-2-30: 1980, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures).*

1.3 Termes généraux

1.3.1 Filtre piézoélectrique

Filtre dans lequel un ou plusieurs éléments piézoélectriques constitués de cristaux de quartz ou d'autres matériaux piézoélectriques sont incorporés.

1.3.2 Élément piézoélectrique

Matière piézoélectrique taillée selon une forme géométrique, des dimensions et une orientation par rapport aux axes cristallographiques du cristal ou par rapport à l'axe de polarisation pour l'élément en céramique.

1.3.3 Electrode

Dans des applications piézoélectriques, plaque ou film électriquement conducteur respectivement à proximité de, ou en contact avec un élément piézoélectrique et permettant d'appliquer à cet élément un champ électrique.

1.3.4 Résonateur piézoélectrique

Élément piézoélectrique monté avec ses électrodes.

IEC 68-2-6: 1982, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc and guidance: Vibration (sinusoidal)*.

IEC 68-2-7: 1983, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ga and guidance: Acceleration, steady state*.

IEC 68-2-10: 1988, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test J and guidance: Mould growth*.

IEC 68-2-13: 1983, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test M: Low air pressure*.

IEC 68-2-14: 1984, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*.

IEC 68-2-17: 1978, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*.

IEC 68-2-20: 1979, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test T: Soldering*.

IEC 68-2-21: 1983, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*.

IEC 68-2-27: 1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ea and guidance: Shock*.

IEC 68-2-29: 1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eb and guidance: Bump*.

IEC 68-2-30: 1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle)*.

1.3 General terms

1.3.1 Piezoelectric filter

A filter in which one or more piezoelectric units made from quartz crystals or other piezoelectric materials are incorporated.

1.3.2 Piezoelectric element

Piezoelectric material cut to a given geometrical shape, size and orientation with respect to the crystallographic axes of the crystal or with respect to the axis of polarization for ceramic materials.

1.3.3 Electrode

In piezoelectric applications, an electrically conducting plate in proximity to or a film in contact with a piezoelectric element, by means of which an electric field is applied to the element.

1.3.4 Piezoelectric resonator

A mounted piezoelectric element with electrodes.

1.3.5 *Dispositif piézoélectrique*

Résonateur piézoélectrique monté dans un boîtier. Parfois, le dispositif peut être un assemblage ayant plus d'un résonateur piézoélectrique. Un tel assemblage est nommé dispositif piézoélectrique multiple.

1.3.6 *Fréquence indésirable*

Fréquence de résonance d'un élément piézoélectrique autre que la fréquence définie par la fréquence nominale.

1.3.7 *Niveau d'entrée*

Niveau de puissance, de tension ou de courant présenté aux bornes d'entrée d'un filtre.

1.3.8 *Niveau de sortie*

Niveau de puissance, de tension ou de courant fourni au circuit de charge.

1.3.9 *Niveau nominal*

Niveau d'entrée ou de sortie de puissance, de tension ou de courant pour lequel les mesures des caractéristiques sont spécifiées.

1.3.10 *Niveau maximal*

Niveau d'entrée ou de sortie de puissance, de tension ou de courant au-dessus duquel une distorsion intolérable du signal ou des modifications irréversibles de structure peuvent se produire.

1.3.11 *Puissance disponible*

Puissance maximale qui peut être obtenue d'une source donnée par un réglage optimal de l'impédance de charge.

1.3.12 *Impédance d'entrée*

L'impédance d'entrée est celle qui est présentée par le filtre à la source de signal quand il est raccordé à l'impédance de charge spécifiée.

1.3.13 *Impédance de sortie*

L'impédance de sortie est celle qui est présentée par le filtre à la charge quand il est raccordé à l'impédance de source spécifiée.

1.3.14 *Impédance de charge (impédance aux bornes)*

Chacune des impédances présentées au filtre par la source ou par la charge.

1.3.5 *Piezoelectric resonator unit*

A piezoelectric resonator mounted in an enclosure. Sometimes a resonator unit may be an assembly having in it more than one piezoelectric resonator. Such an assembly is called a multiple piezoelectric resonator unit.

1.3.6 *Unwanted response*

A state of resonance of a piezoelectric resonator other than that associated with the nominal frequency.

1.3.7 *Input level*

The power, voltage or current level presented to the input terminal pair of a filter.

1.3.8 *Output level*

The power, voltage or current level delivered to the load.

1.3.9 *Nominal level*

The input or output level of power, voltage or current at which the performance measurement is specified.

1.3.10 *Maximum level*

The input or output level of power, voltage or current above which intolerable signal distortion or irreversible changes in structure may take place.

1.3.11 *Available power*

The maximum power obtainable from a given source by suitable adjustment of the load impedance.

1.3.12 *Input impedance*

The impedance presented by the filter to the signal source when terminated by the specified load impedance.

1.3.13 *Output impedance*

The impedance presented by the filter to the load when terminated in the specified source impedance.

1.3.14 *Terminating impedance*

Either of the impedances presented to the filter by the source or by the load.

1.4 Caractéristiques de réponse

1.4.1 Affaiblissement de transmission a_p

Rapport logarithmique de la puissance disponible d'une source donnée à la puissance que le filtre transmet à une impédance de charge, dans des conditions de fonctionnement spécifiées (figure 1).

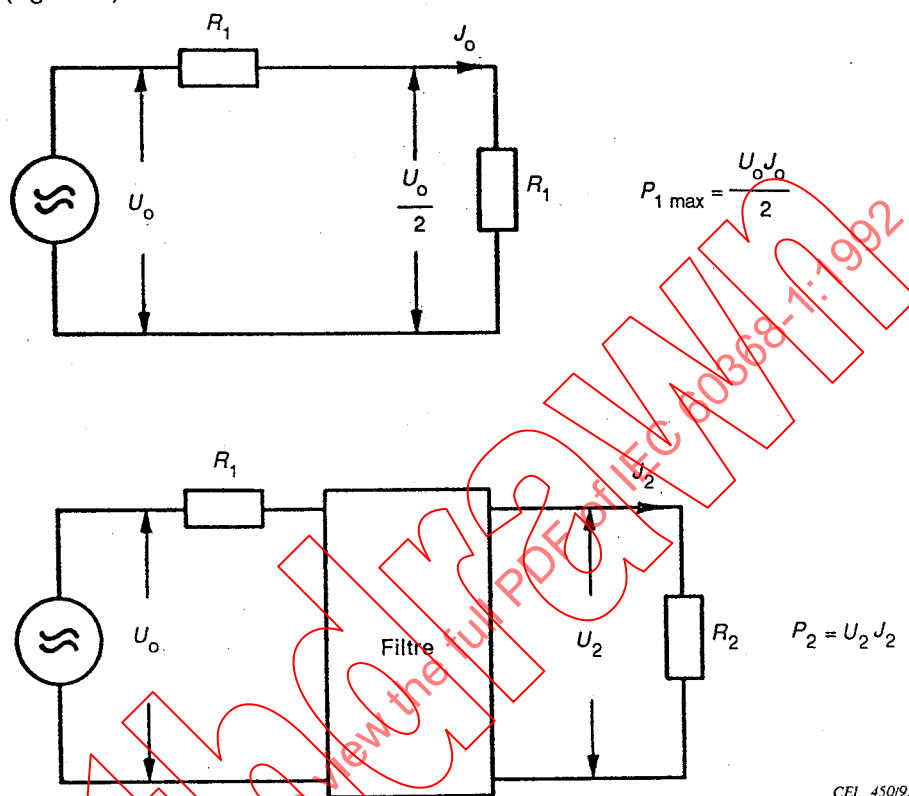


Figure 1 – Circuit d'essai pour la mesure de l'affaiblissement de transmission pour une terminaison résistive

$$a_p = 10 \log \frac{P_1 \max}{P_2} \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

Pour les impédances de source ou de charge réelles:

$$a_p = 20 \log \left| \frac{U_0}{2 U_2} \right| + 10 \log \frac{R_2}{R_1} \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

1.4 Response characteristics

1.4.1 Transducer attenuation a_p

The logarithmic ratio of the available power of the given source to the power that the filter delivers to a load impedance under specified operating conditions (figure 1).

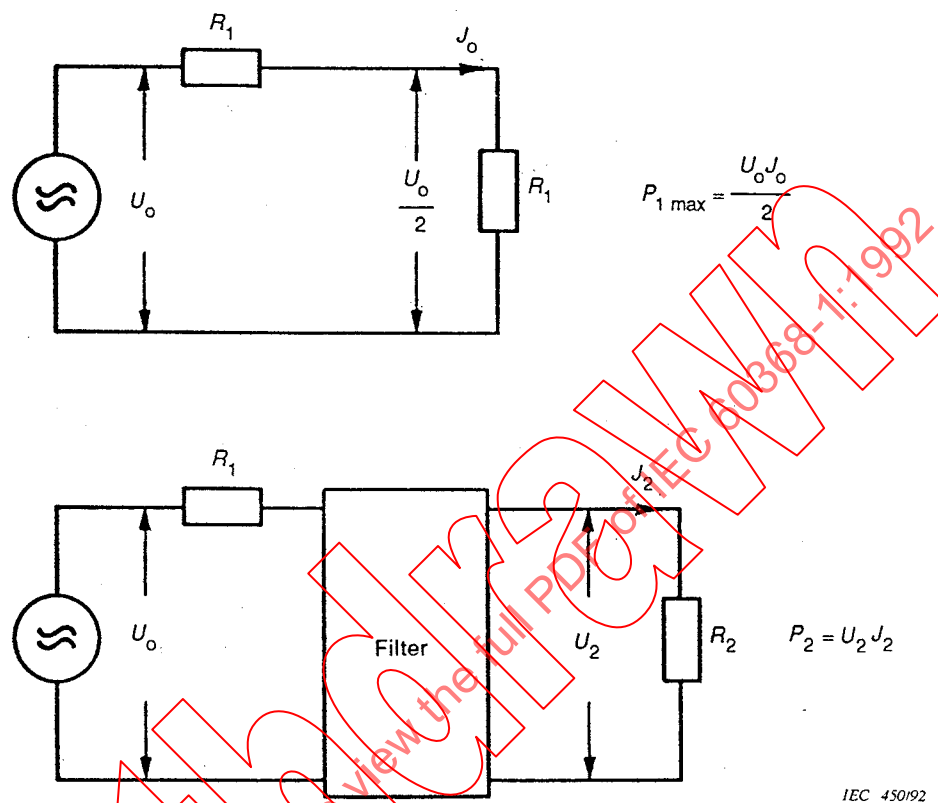


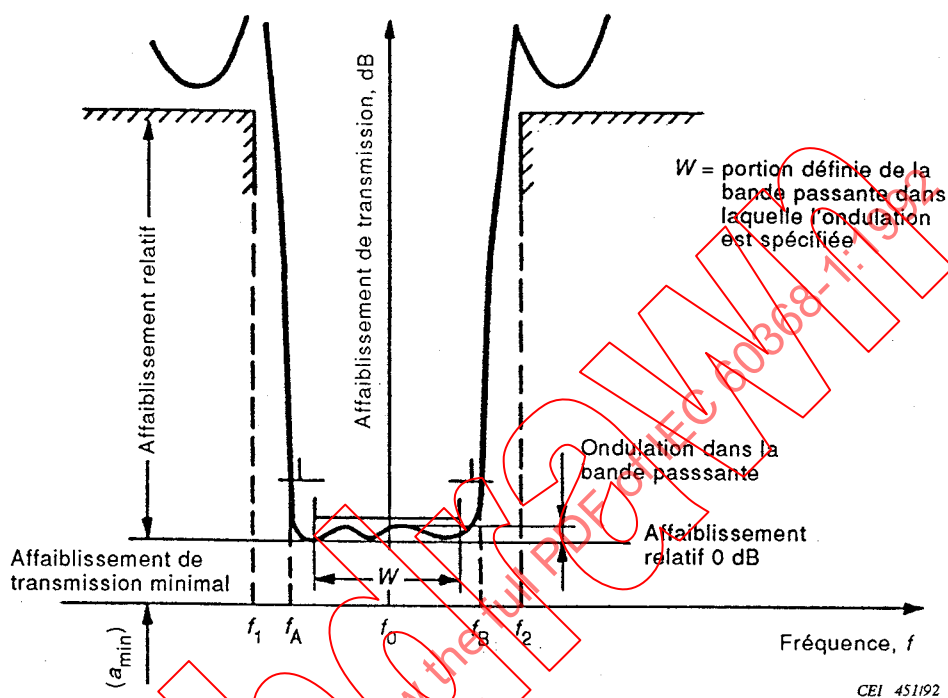
Figure 1 – Test circuit for the measurement of transducer attenuation for resistive termination

$$a_p = 10 \log \frac{P_1 \max}{P_2} \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

The real source and load impedances:

$$a_p = 20 \log \left| \frac{U_0}{2 U_2} \right| + 10 \log \frac{R_2}{R_1} \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

La figure 2 montre une forme générale de l'affaiblissement de transmission d'un filtre passe-bande et indique les paramètres les plus importants définissant les caractéristiques d'un filtre.



$$f_0 = \sqrt{f_A \times f_B}$$

ou

$$f_0 \approx \frac{f_A + f_B}{2}$$

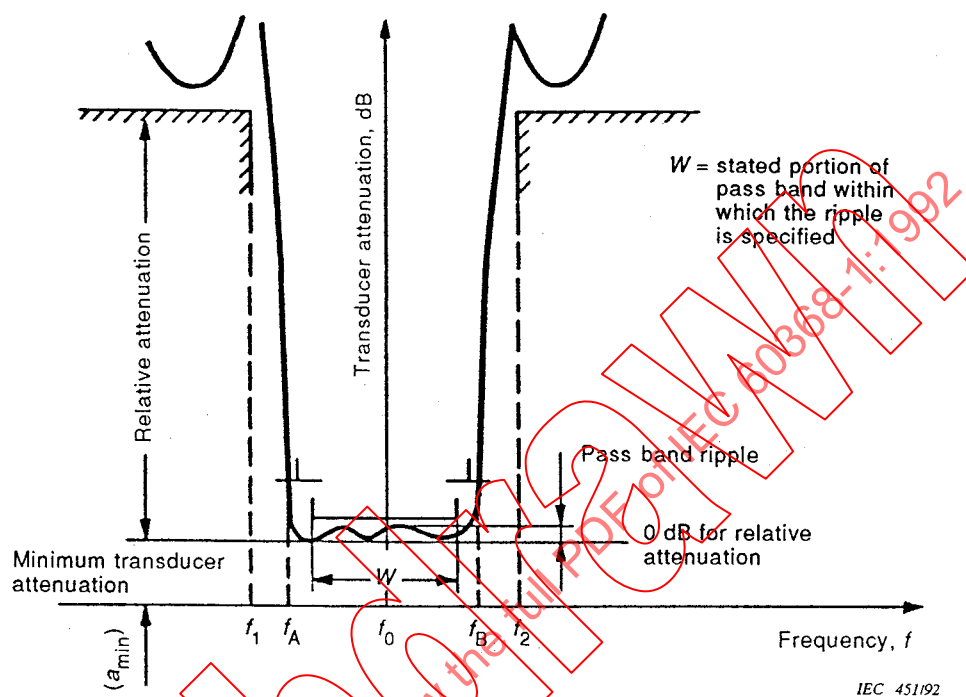
où

f_A, f_B sont les fréquences de coupure de la bande passante

f_0 est la fréquence centrale

Figure 2 – Caractéristiques de l'affaiblissement de transmission d'un filtre

Figure 2 shows the general form of the transducer attenuation of a band-pass filter and indicates the most important parameters defining the filter's characteristics.



$$f_0 = \sqrt{f_A \times f_B}$$

or

$$f_0 \approx \frac{f_A + f_B}{2}$$

where

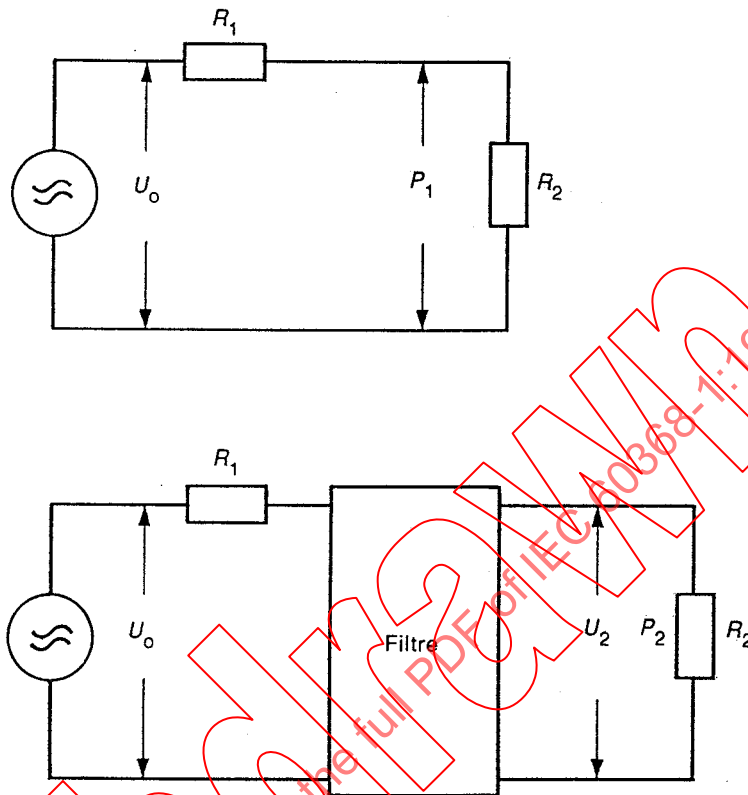
f_A, f_B are the cut off frequencies of the pass band

f_0 is the mid-band frequency

Figure 2 – Transducer attenuation characteristics of a filter

1.4.2 Affaiblissement d'insertion a_i

Rapport logarithmique de la puissance transmise à l'impédance de charge avant l'insertion du filtre, à la puissance transmise à l'impédance de charge après l'insertion du filtre (figure 3).



CEI 452/92

Figure 3 – Circuit d'essai pour la mesure de l'affaiblissement d'insertion

Pour les impédances de source et de charge réelles:

$$a_i = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \text{ (dB)}$$

$$a_i = 20 \log \left| \frac{U_0}{2 U_2} \right| + 20 \log \frac{2 R_2}{R_1 + R_2} \text{ (dB)}$$

1.4.3 Affaiblissement relatif

Différence entre l'affaiblissement à une fréquence donnée et une valeur de référence dans la bande passante. La valeur de référence peut être au point de l'affaiblissement minimal ou l'affaiblissement à la fréquence de référence.

1.4.4 Fréquence de référence

Fréquence définie par la spécification et qui est prise comme référence pour d'autres fréquences.

Dans le cas d'un filtre passe-bande avec une caractéristique amplitude-fréquence symétrique, la fréquence de référence est habituellement spécifiée comme la fréquence centrale nominale.

1.4.2 Insertion attenuation a_i

The logarithmic ratio of the power delivered to the load impedance before insertion of the filter to the power delivered to the load impedance after insertion of the filter (figure 3).

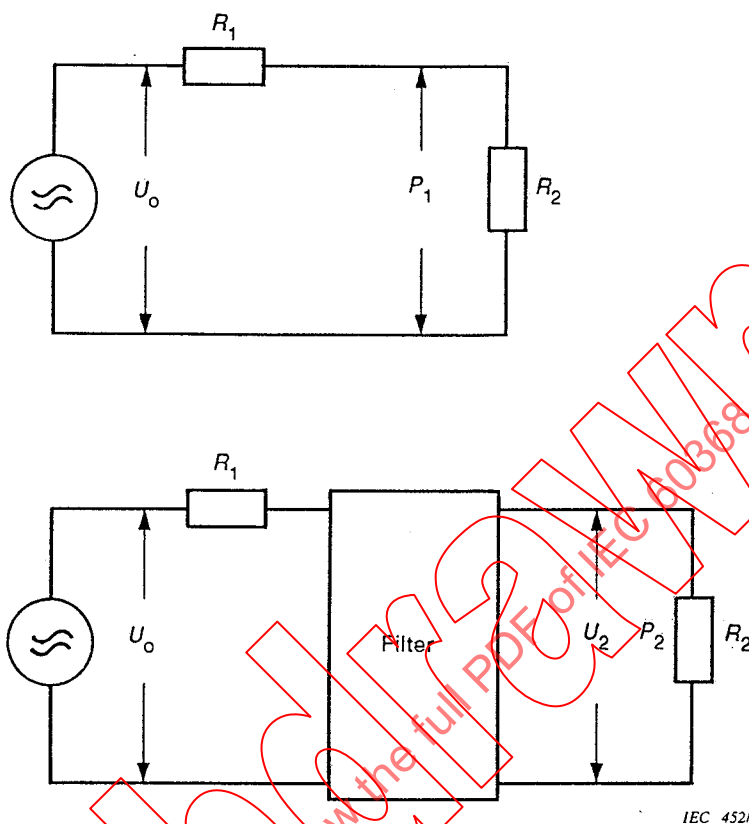


Figure 3 – Test circuit for the measurement of insertion attenuation

For real source and load impedances:

$$a_i = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \quad (\text{dB})$$

$$a_i = 20 \log \left| \frac{U_0}{2 U_2} \right| + 20 \log \frac{2 R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{dB})$$

1.4.3 Relative attenuation

The difference between the attenuation at a given frequency and a reference value within the pass band. This reference value can be at the point of minimum attenuation or the attenuation at the reference frequency.

1.4.4 Reference frequency

A frequency defined by the specification to which other frequencies may be referred.

In the case of a band-pass filter with a symmetrical frequency-amplitude characteristic, the reference frequency is usually specified as the nominal mid-band frequency.

Dans le cas d'un filtre passe-bande avec une caractéristique amplitude-fréquence dissymétrique, la fréquence de référence peut être spécifiée au voisinage d'un bord de la bande passante nominale, telle que la fréquence porteuse intéressée associée à un filtre de bande latérale unique.

1.4.5 *Fréquence centrale d'un filtre passe-bande ou d'un filtre coupe-bande*

Moyenne géométrique des fréquences de coupure.

NOTE - Pratiquement, la moyenne arithmétique est souvent utilisée comme une bonne approximation de la moyenne géométrique.

1.4.6 *Bande passante*

Bande des fréquences pour lesquelles l'affaiblissement relatif est égal ou inférieur à la valeur spécifiée.

1.4.7 *Fréquences de coupure de la bande passante*

Fréquences de la bande passante pour lesquelles l'affaiblissement relatif atteint une valeur spécifiée (f_A et f_B à la figure 2).

1.4.8 *Largeur de la bande passante*

Intervalle des fréquences entre lesquelles l'affaiblissement doit être inférieur ou égal à celui qui est spécifié.

1.4.9 *Ondulation dans la bande passante*

Différence entre l'affaiblissement maximal et minimal dans la bande passante ou dans une portion définie de la bande passante.

1.4.10 *Bande atténuée*

Bande des fréquences pour lesquelles l'affaiblissement relatif est égal ou supérieur aux valeurs f_1 et f_2 montrées à la figure 2, qui sont les valeurs spécifiées des fréquences limites de la bande atténuée.

1.4.11 *Largeur de la bande atténuée*

Intervalle des fréquences entre lesquelles l'affaiblissement doit être égal ou supérieur à celui qui est spécifié.

1.4.12 *Bande de transition*

Bande des fréquences entre la fréquence de coupure et le point le plus proche de la bande atténuée adjacente.

In the case of a band-pass filter with an asymmetrical frequency-amplitude characteristic, the reference frequency may be specified near one edge of the nominal pass band, such as the intended carrier frequency associated with a single sideband filter.

1.4.5 *Mid-band frequency of a band-pass or band-stop filter*

The geometrical mean of the cut-off frequencies.

NOTE - In practice, the arithmetic mean is often used as a good approximation to the geometric mean.

1.4.6 *Pass band*

A band of frequencies in which the relative attenuation is equal to or less than a specified value.

1.4.7 *Cut-off frequencies of the pass band*

Frequencies of the pass band at which the relative attenuation reaches a specified value (f_A and f_B in figure 2).

1.4.8 *Pass bandwidth*

The separation of frequencies between which the attenuation shall be equal to or less than a specified value.

1.4.9 *Pass-band ripple*

The difference between the maximum and minimum attenuation in the pass band or in a specified portion of the pass band.

1.4.10 *Stop band*

A band of frequencies in which the relative attenuation is equal to or greater than specified values. f_1 and f_2 shown in figure 2, are the specified stop-band edge frequencies.

1.4.11 *Stop bandwidth*

The separation of frequencies between which the attenuation shall be equal to or greater than a specified value.

1.4.12 *Transition band*

A band of frequencies between the cut-off frequency and the nearest point of the adjacent stop band.

1.4.13 Facteur de forme du filtre passe-bande

Rapport des deux largeurs de bande pour deux valeurs spécifiées de l'affaiblissement (figure 4a). Il est possible de définir deux facteurs de forme d'un filtre ayant les caractéristiques d'amplitude-fréquence dissymétriques (figure 4b).

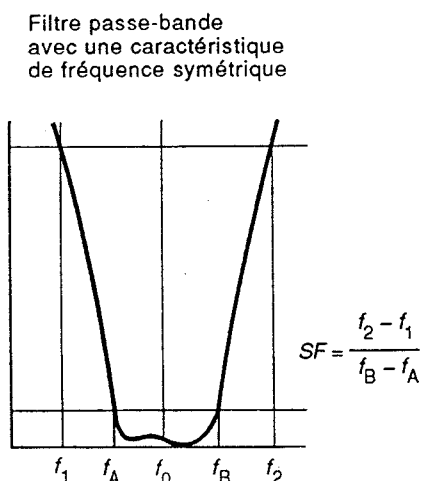


Figure 4a – Facteur de forme d'un filtre passe-bande avec une caractéristique de fréquence symétrique

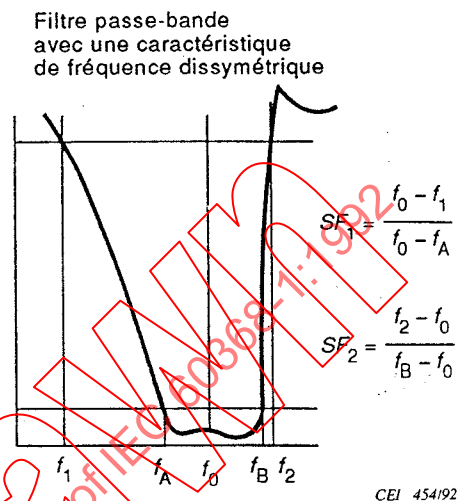


Figure 4b – Facteur de forme d'un filtre passe-bande avec une caractéristique de fréquence dissymétrique

Figure 4

1.4.14 Coefficient de réflexion $|r|$

Mesure sans dimensions du degré de dérèglement entre les impédances Z_a et Z_b donnée par l'expression:

$$|r| = \left| \frac{Z_a - Z_b}{Z_a + Z_b} \right|$$

où

Z_a et Z_b sont respectivement l'impédance d'entrée ou l'impédance de source et l'impédance de sortie ou l'impédance de charge.

1.4.15 Affaiblissement d'écho a_r

Valeur réciproque du module du coefficient de réflexion, donnée en décibels. Elle est quantitativement égale à:

$$a_r = 20 \log \left| \frac{Z_a + Z_b}{Z_a - Z_b} \right| \quad (\text{dB})$$

1.4.13 Shape factor of a band-pass filter

The ratio of the two bandwidths at specified values of attenuation (figure 4a). It is possible to define two shape factors of a filter with frequency-asymmetrical amplitude characteristics (figure 4b).

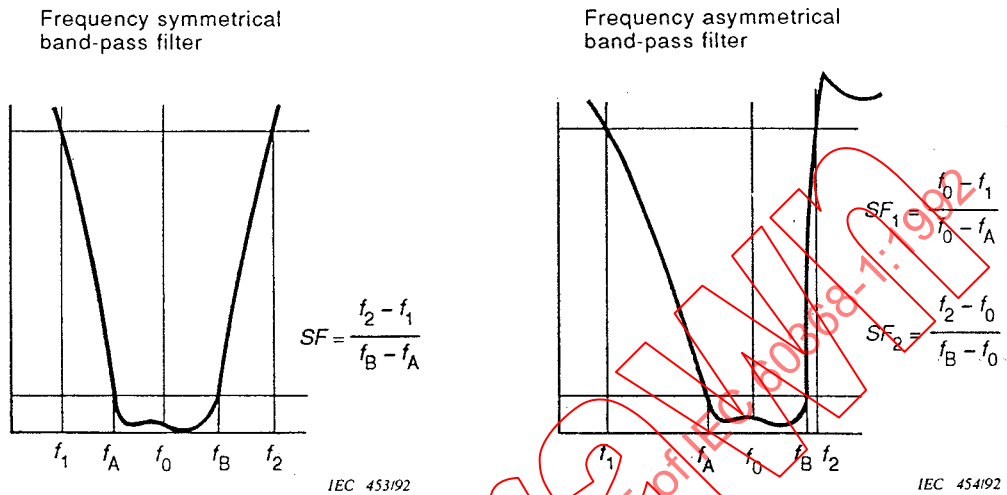


Figure 4a – Shape factor for frequency symmetrical band-pass filter

Figure 4b – Shape factor for frequency asymmetrical band-pass filter

Figure 4

1.4.14 Reflection coefficient $|r|$

A dimensionless measure of the degree of mismatch between impedances Z_a and Z_b given by the expression:

$$|r| = \left| \frac{Z_a - Z_b}{Z_a + Z_b} \right|$$

where

Z_a and Z_b are respectively the input or source impedance and the output or load impedance.

1.4.15 Return attenuation a_r

The value of the reciprocal of the modulus of the reflection coefficient, expressed in decibels. Quantitatively it is equal to:

$$a_r = 20 \log \left| \frac{Z_a + Z_b}{Z_a - Z_b} \right| \quad (\text{dB})$$

1.4.16 *Déphasage de transmission*

Angle de phase relatif entre la sortie du filtre et la source.

1.4.17 *Déphasage d'insertion φ*

Changement de la phase provoqué par l'insertion du filtre dans le système de transmission:

$$\varphi = \varphi_{\text{sortie}} - \varphi_{\text{entrée}} \text{ [degrés] ou [radians]}$$

1.4.18 *Retard de phase à la transmission entre deux points*

Temps égal au déphasage, en radians, entre ces deux points, divisé par la fréquence angulaire de l'onde sinusoïdale considérée.

1.4.19 *Linéarité de phase*

Déviation maximale de la caractéristique de déphasage de transmission dans la bande passante de la caractéristique de déphasage de transmission exprimée en termes de dépendance linéaire.

1.4.20 *Retard de groupe ou de boucle t_g*

Temps de propagation de groupe qui est égal à la dérivée première de déphasage, en radians, par rapport à la fréquence angulaire de l'onde sinusoïdale considérée à la fréquence spécifiée:

$$t_g = \frac{d\varphi}{d\omega} \text{ [s]}$$

où $\omega = 2\pi f$.

1.4.21 *Distorsion du retard de groupe*

Différence entre la valeur la plus basse et la plus élevée de retard de groupe dans une bande passante spécifiée:

$$\Delta t_g = |t_{g \text{ max}} - t_{g \text{ min}}| \text{ [s]}$$

1.4.22 *Distorsion d'intermodulation*

Forme de la distorsion de non-linéarité caractérisée par la présence dans le signal à la sortie de produits d'intermodulation dus à la non-linéarité du dispositif.

NOTE - La distorsion d'intermodulation peut être exprimée quantitativement comme le rapport entre l'amplitude des produits d'intermodulation d'ordres différents et l'amplitude de deux signaux sinusoïdaux d'entrée ou plus ayant une amplitude et une fréquence spécifiées. Elle peut être aussi caractérisée par le point d'interception (voir figure 8, page 48).

1.4.16 *Transducer phase*

Relative angle of phase between the output of the filter and the source.

1.4.17 *Insertion phase shift φ*

Change in phase caused by the insertion of the filter into a transmission system:

$$\varphi = \varphi_{\text{out}} - \varphi_{\text{in}} \text{ [degrees] or [radians]}$$

1.4.18 *Phase delay in transmission between two points*

The time equal to the phase shift, in radians, between these two points divided by the angular frequency of the sinusoidal wave concerned.

1.4.19 *Phase linearity*

Maximum deviation of the transducer phase characteristic in the pass band from the transducer phase characteristic expressed in terms of linear dependence.

1.4.20 *Group or envelope delay t_g*

The propagation time of the group which is equal to the first derivative of the phase shift, in radians, with respect to the angular frequency of the sinusoidal wave concerned at a specified frequency:

$$t_g = \frac{d\varphi}{d\omega} \text{ [s]}$$

where $\omega = 2\pi f$.

1.4.21 *Group delay distortion*

The difference between the lowest and the highest value of group delay in a specified frequency band:

$$\Delta t_g = |t_{g \text{ max}} - t_{g \text{ min}}| \text{ [s]}$$

1.4.22 *Intermodulation distortion*

A form of non-linearity distortion characterized by the presence of intermodulation products in the signal at the output due to the non-linearity of the device.

NOTE - Intermodulation distortion can be expressed quantitatively as the ratio of the amplitude of intermodulation products of various orders to the amplitude of two or more sinusoidal input signals of specified amplitude and frequency. It can also be characterized by the intercept-point (see figure 8, page 49).

1.5 Types de filtres et de réseaux

1.5.1 *Filtre passe-bas**

Filtre ayant une bande passante unique inférieure à la fréquence de coupure et une bande atténuée pour les fréquences supérieures.

1.5.2 *Filtre passe-haut**

Filtre ayant une bande passante unique supérieure à la fréquence de coupure et une bande atténuée pour les fréquences inférieures.

1.5.3 *Filtre passe-bande**

Filtre ayant une bande passante unique entre deux bandes atténuées spécifiées.

1.5.4 *Filtre coupe-bande**

Filtre ayant une bande atténuée unique entre deux bandes passantes spécifiées.

1.5.5 *Filtre en peigne**

Quadripôle ayant cinq bandes ou plus, dont deux ou plus sont les bandes passantes et deux ou plus sont les bandes atténuées.

1.6 Filtres à céramiques piézoélectriques

A l'étude.

1.7 Filtres monolithiques

1.7.1 *Filtre monolithique*

Filtre consistant en un seul élément piézoélectrique ayant deux régions résonantes ou plus, couplées mécaniquement, assurant la fonction de filtrage sans composants additionnels.

1.7.2 *Filtre polylithique*

Filtre composé d'au moins deux résonateurs monolithiques multipolaires électriquement connectés.

1.7.3 *Résonateur monolithique multipolaire*

Résonateur piézoélectrique ayant au moins deux zones de vibration couplées mécaniquement sur un seul élément cristallin.

1.7.4 *Résonateur à deux pôles (résonateur bipolaire)*

Résonateur piézoélectrique ayant deux zones de vibration couplées mécaniquement sur un seul élément cristallin.

* La gamme normale des fréquences de fonctionnement ne contiendra pas nécessairement des fréquences tendant vers zéro ou vers l'infini.

1.5 Network and filter types

1.5.1 *Low-pass filter* *

A filter having a single pass band below a cut-off frequency and a stop band for higher frequencies.

1.5.2 *High-pass filter* *

A filter having a single pass band above a cut-off frequency and a stop band for lower frequencies.

1.5.3 *Band-pass filter* *

A filter having a single pass band between two specified stop bands.

1.5.4 *Band-stop filter* *

A filter having a single stop band between two specified pass bands.

1.5.5 *Comb filter* *

A two-terminal pair filter in which there are five or more bands of which two or more are pass bands and two or more are stop bands.

1.6 Piezoelectric ceramic filters

Under consideration.

1.7 Monolithic filters

1.7.1 *Monolithic filter*

A filter consisting of a single piezoelectric element having two or more resonant regions, coupled mechanically, providing a filter function without additional components.

1.7.2 *Tandem monolithic filter (polyolithic filter)*

A filter with at least two electrically connected monolithic multiple pole resonators.

1.7.3 *Monolithic multiple pole resonator*

Piezoelectric resonator with at least two mechanically coupled vibrating regions on a single crystal element.

1.7.4 *Bipole resonator (dual resonator)*

Piezoelectric resonator with two mechanically coupled vibrating regions on a single crystal element.

* The practical working frequency range need not necessarily include near-zero or near-infinite frequencies.

1.7.5 *Mode d'énergie piégée*

Mode de vibration dans lequel l'énergie de vibration est principalement localisée dans une zone définie du résonateur.

1.7.6 *Fréquences symétrique et antisymétrique d'un résonateur à deux pôles*

Respectivement fréquence de résonance la plus basse et fréquence de résonance la plus élevée des deux premières fréquences d'un résonateur à deux pôles, dont les fils de sortie sont court-circuités.

1.8 Valeurs normalisées et tolérances

1.8.1 Valeurs normalisées de fréquence de référence

1.8.1.1 Valeurs normalisées de fréquence de référence des filtres à cristaux piézoélectriques

1,4 MHz

1,75 MHz

10,7 MHz

21,4 MHz

32,1 MHz

45 MHz

1.8.1.2 Valeurs normalisées de fréquence de référence des filtres à céramiques piézoélectriques

455 kHz

465 kHz

10,7 MHz

1.8.2 Gammes normalisées de températures de fonctionnement, en degrés Celsius

–55 à +105

–40 à +85

–20 à +70

–10 à +60

0 à +40

+10 à +40

NOTE - D'autres gammes de températures peuvent être utilisées mais il convient que la plus basse température ne soit pas inférieure à –60 °C et que la température la plus élevée ne soit pas supérieure à 105 °C.

1.7.5 *Trapped energy mode*

A mode of vibration in which the vibrating energy is mainly confined to a defined area of the resonator.

1.7.6 *Symmetric and antisymmetric frequencies of a bipole resonator*

The lower and the higher of the first two resonance frequencies, respectively, of a bipole resonator whose output terminals are short-circuited.

1.8 **Standard values and tolerances**

1.8.1 *Standard values of reference frequency*

1.8.1.1 *Standard values of reference frequency for crystal filters*

1,4 MHz

1,75 MHz

10,7 MHz

21,4 MHz

32,1 MHz

45 MHz

1.8.1.2 *Standard values of reference frequency for piezoelectric ceramic filters*

455 kHz

465 kHz

10,7 MHz

1.8.2 *Standard operating temperature ranges, in degrees Celsius*

-55 to +105

-40 to +85

-20 to +70

-10 to +60

0 to +40

+10 to +40

NOTE - Other temperature ranges may be used but the lowest temperature should be not less than -60 °C and the highest temperature should not exceed 105 °C.

1.8.3 Séquence climatique normale

(Voir 2.17, et l'annexe A de la CEI 68-1.)

40/085/56

NOTE - Pour les exigences où la gamme de températures de fonctionnement des filtres est supérieure à une gamme comprise entre -40 °C et $+85\text{ °C}$, il convient de spécifier une catégorie climatique plus sévère dans la spécification particulière.

1.9 Marquage

Les indications suivantes doivent figurer sur chaque filtre piézoélectrique:

1.9.1 Marquage obligatoire:

- numéro de type;
- fréquence de référence;
- marque d'origine;
- date de fabrication.

1.9.2 Marquage facultatif

Pour mieux définir le filtre, d'autres indications peuvent être ajoutées telles que:

- largeur de bande passante;
- schéma des connexions aux sorties;
- numéro de série.

1.8.3 *Standard climatic category*

(See 2.17 and appendix A of IEC 68-1.)

40/085/56

NOTE - For requirements where the operating temperature range of the filters is greater than that of $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, a more severe climatic category should be specified in the detail specification.

1.9 **Marking**

Each piezoelectric filter shall be marked as follows:

1.9.1 *Obligatory marking*

- type number;
- reference frequency;
- mark of origin;
- date of manufacture.

1.9.2 *Optional marking*

Any other information necessary to obtain a better definition of the filter may be added, such as:

- pass bandwidth;
- diagram of lead connections;
- serial number.

SECTION 2: CONDITIONS D'ESSAIS

2.1 Généralités

Les articles 2.4 à 2.6 donnent les détails concernant les méthodes de mesure qui permettent de juger des caractéristiques électriques d'un filtre dans les conditions «de réception».

Les articles restants contiennent les détails concernant les essais qui peuvent déterminer l'aptitude du filtre à maintenir ses caractéristiques électriques après une certaine période d'utilisation. Les articles 2.7 à 2.9 donnent les détails concernant les essais d'étanchéité et de stockage. Les articles 2.16 à 2.20 donnent une liste des essais mécaniques et climatiques de la CEI 68 appropriés aux filtres.

Après ces essais des articles 2.7 à 2.20, les spécimens doivent être capables de répondre aux spécifications des caractéristiques électriques et, si cela est spécifié, également pendant un ou plusieurs de ces essais.

L'annexe A donne la liste des essais de type montrant tous les essais possibles et l'ordre dans lequel ils doivent être exécutés. Elle peut être utilisée comme une liste de contrôle permettant de définir des essais de type pour un cas particulier. En agissant de cette façon, il convient de tenir compte des points suivants.

- essais qui doivent être effectués et ordre de leur application (liste des essais);
- sévérité des essais;
- étendue des mesures à effectuer pendant et/ou après les essais pour vérifier que tous les spécimens ont passé les essais avec succès;
- nombre de spécimens à essayer et nombre de défauts admis.

Après ces essais de type, il convient que les filtres piézoélectriques ne soient ni utilisés sur un appareil ni reversés aux stocks.

2.2 Conditions normales d'essais

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués dans les conditions atmosphériques normales d'essais fixées par la CEI 68-1 (température: 15 °C à 35 °C; humidité relative: 25 % à 75 %; pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa).

Avant les mesures, les filtres doivent être stockés à la température d'essai pendant un temps suffisant pour permettre au filtre d'atteindre cette température.

Lorsque les mesures sont effectuées à une température différente de la température normale, les résultats doivent, si nécessaire, être ramenés à cette température. La température ambiante à laquelle ont été effectuées les mesures doit être mentionnée sur le procès-verbal d'essai.

NOTE - Pendant les mesures, il convient de ne pas soumettre les filtres à des conditions susceptibles de fausser les résultats des mesures.

SECTION 2: TEST CONDITIONS

2.1 General

Clauses 2.4 to 2.6 give details of measuring methods which permit the electrical characteristics of the filter to be judged in the "as received" condition.

The remaining clauses contain details of tests which assess the ability of the filter to maintain its electrical characteristics after a certain period of use. Clauses 2.7 to 2.9 give details of sealing and storage tests. Clauses 2.16 to 2.20 list mechanical and climatic tests of IEC 68 which are appropriate to filters.

After the tests of clauses 2.7 to 2.20, and if specified, during one or more of the tests, the specimens shall be capable of meeting the requirements for electrical characteristics.

Annex A gives a schedule for type testing showing all possible tests and the order in which they shall be carried out. This may be used as a check list to draw up the type test schedule for a particular case. When doing so, the following points should be considered:

- tests to be carried out and their order of application (test schedule);
- severity of the tests;
- extent of the measurements to be made during and/or after the tests in order to verify whether all the specimens have successfully passed the tests;
- number of specimens to be tested and the permissible number of rejects.

After these type tests the piezoelectric filters should not be used in equipment or returned to bulk supply.

2.2 Standard conditions for testing

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out under standard atmospheric conditions for testing as specified in IEC 68-1 (temperature: 15 °C to 35 °C; relative humidity: 25 % to 75 %; air pressure: 86 kPa to 106 kPa).

Before the measurements are made, the filters shall be stored at the measuring temperature for a time sufficient to allow the filter to reach this temperature.

When measurements are made at a temperature other than the standard temperature, the results shall, where necessary, be corrected to the specified temperature. The ambient temperature during the measurements shall be stated in the test report.

NOTE - During measurement, the filters should not be exposed to conditions likely to invalidate the results of the measurements.

2.3 Examen visuel et contrôle des dimensions

- a) Les dimensions doivent être vérifiées et doivent satisfaire aux valeurs spécifiées.
- b) Les filtres doivent être fabriqués conformément aux règles de l'art.
- c) Le marquage doit être lisible et indélébile.
- d) Sauf spécification contraire, les filtres avec enveloppes métalliques doivent avoir des dispositifs pour la mise à la terre de ces enveloppes.

2.4 Caractéristiques de transmission

2.4.1 Méthodes de mesure

2.4.1.1 Généralités

Dans le passé, les essais de filtres étaient effectués avec des appareils de mesure normalisés classiques. Depuis peu des équipements d'essai pour filtre tels que les analyseurs de réseaux ou les voltmètres vectoriels ont été mis au point; cela a considérablement simplifié la tâche pour les mesures compliquées.

L'impédance du système Z de ces équipements est habituellement égale à 50Ω ou à 75Ω ; pour cette raison, il faut tenir compte des conditions d'adaptation du filtre à l'équipement.

Il convient que l'aptitude à la mesure d'un analyseur de réseaux, particulièrement une stabilité de la source, soit suffisante pour la plupart des mesures.

2.4.1.2 Mesure de l'affaiblissement d'insertion

a) Principe de la mesure

L'affaiblissement d'insertion est obtenu comme le rapport entre le niveau du signal mesuré quand le signal traverse en ligne directe et celui quand le signal passe au travers du filtre (voir figure 5, page 36).

b) Circuit de mesure

Le montage de mesure est représenté par la figure 5. Par l'intermédiaire d'un séparateur de puissance, le signal radiofréquence de la sortie RF d'un analyseur de réseaux est divisé dans un canal d'essai et dans un canal de référence. Le signal RF du canal de référence est conduit directement à l'entrée référence de l'analyseur alors que le signal RF du canal d'essai est amené à l'entrée essai de l'analyseur de réseaux en transitant par le dispositif d'essai. Les connexions nécessaires doivent être réalisées avec des câbles coaxiaux RF dont l'impédance nominale doit être exactement égale à l'impédance du système Z d'équipement.

c) Dispositif d'essai du filtre

Les impédances aux bornes d'un filtre (R_s ; R_L) sont souvent différentes de celles de l'impédance Z d'équipement. L'adaptation de la partie résistive est effectuée par l'intermédiaire d'un réseau d'adaptation entrée/sortie.

Les filtres piézoélectriques sont souvent spécifiés avec des impédances de charge contenant un élément réactif pour ajuster les réactances réparties associées à l'application particulière du filtre. Les réactances sont habituellement des capacités en parallèle associées avec des capacités réparties des sorties, des transistors ou autres capacités de circuit.

2.3 Visual examination and check of dimensions

- a) The dimensions shall be checked and they shall comply with the specified values.
- b) The filters shall show evidence of having been manufactured in accordance with good current practice.
- c) The marking shall be legible and durable.
- d) Unless otherwise specified, filters with metal enclosures shall have earthing facilities for these enclosures.

2.4 Transmission characteristics

2.4.1 Measurement methods

2.4.1.1 General

In the past, filters have been tested with conventional standard measuring instruments. Recently, filter test equipments such as network analyzers or vector voltmeters have been developed and this has simplified complicated measurement work.

The system impedance Z of such equipment is usually $50\ \Omega$ or $75\ \Omega$ and, therefore, the termination condition between the filter and the equipment has to be considered.

The measurement capability of the network analyzer, particularly source stability, should be sufficiently accurate for most measurements.

2.4.1.2 Insertion attenuation measurement

a) Principle of measurement

The insertion attenuation is obtained as a ratio of the signal level measured when the signal is fed through a straight line to that when fed through the filter (see figure 5, page 37).

b) Measuring circuit

The measurement set-up is shown in figure 5. An RF signal from the RF output of a network analyzer is split into a reference channel and a test channel by means of a power splitter. The RF signal of the reference channel is directly fed to the reference port. The signal of the test channel is fed to the test port of the network analyzer through a test fixture. All of these connections have to be made with RF coaxial cables whose nominal impedance should be exactly equal to the equipment system impedance Z .

c) Filter test fixture

Filters often have terminating impedances (R_s ; R_L) which are different from that of the equipment system impedance Z . The resistive part matching is achieved by using an input/output matching network.

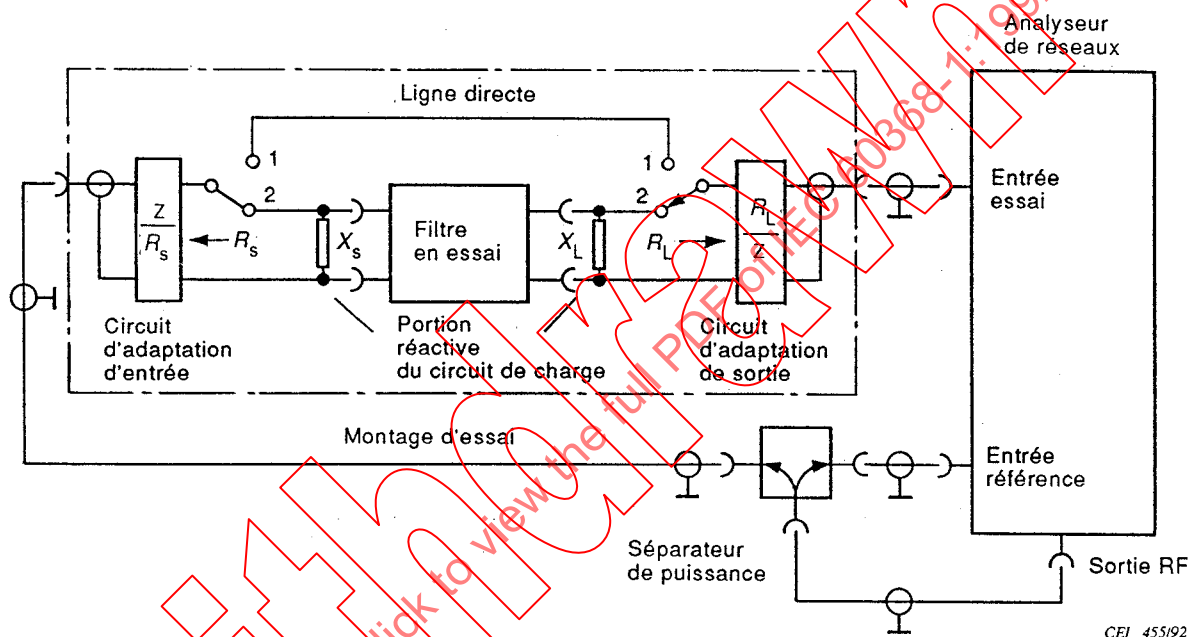
Piezoelectric filters are often specified with terminating impedances that include a reactive element in order to accommodate stray circuit reactances usually shunt capacitances associated with stray lead, transistor or other circuit capacitances.

Dans la gamme des basses fréquences, l'adaptation est effectuée à l'aide d'un transformateur d'impédance. En pratique, le transformateur idéal pour toute la gamme de fréquences des filtres piézoélectriques ne peut être réalisé. Aussi, des circuits en π ou en T avec résistance ou des amplificateurs sont utilisés comme transformateurs d'impédance.

Le montage d'essai doit répondre aux exigences suivantes:

- le filtre et les réactances X_L , X_s doivent pouvoir être remplacés par une ligne directe;
- la sortie du montage d'essai doit être protégée de son entrée par un blindage.

Lorsque les impédances spécifiées aux bornes du filtre sont égales à celles de l'impédance du système d'équipement, les transformateurs et les circuits d'ajustage ne sont pas nécessaires.



NOTES

- 1 Un générateur de signaux classique et un voltmètre vectoriel ou tout autre équipement d'essai de filtre peut être utilisé à la place de l'analyseur de réseaux.
- 2 Pour éviter des mesures imprécises dues au bruit, il est recommandé de travailler à un niveau de puissance raisonnablement élevé ou d'insérer des amplificateurs dans le montage d'essai pour compenser l'affaiblissement du filtre ou d'utiliser l'analyseur de réseaux à la fréquence sélective avec une petite résolution de largeur de bande pour réduire le niveau de bruit intrinsèque.

Figure 5 – Mesure de l'affaiblissement d'insertion, de la phase et du retard de groupe

d) Méthode de mesure

Connecter la ligne directe entre les deux transformateurs d'impédance en se plaçant sur la position 1 de la figure 5. La lecture à l'indicateur d'amplitude ou à l'oscilloscope de l'analyseur de réseaux est prise comme valeur du niveau de référence.

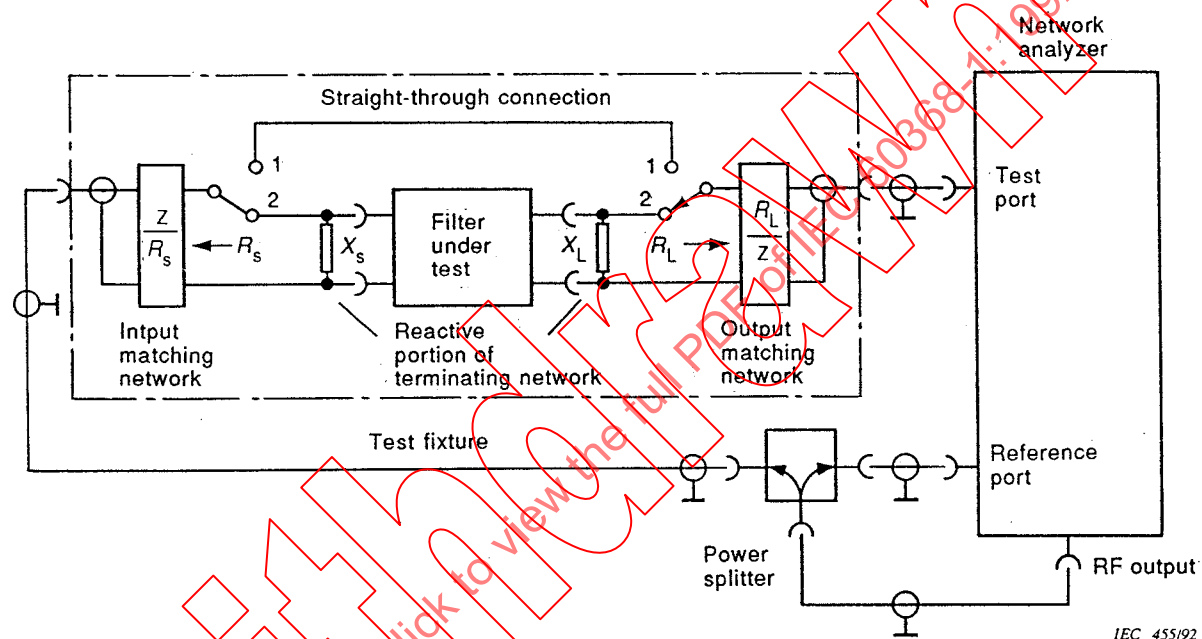
Déconnecter la ligne directe et insérer le filtre et le circuit d'ajustage en se plaçant sur la position 2 de la figure 5. L'affaiblissement relatif par rapport au niveau de référence est l'affaiblissement d'insertion a_i .

In the low frequency range, the matching is achieved by using an impedance transformer. In practice, an ideal transformer for the whole frequency range of piezoelectric filters cannot be realized. Thus, π - or T-resistor networks or amplifiers are used as the impedance transformers.

The test fixture shall meet the following requirements:

- the filter and the reactances X_L , X_s shall be replaceable by a straight-through line;
- the output of the fixture shall be well-shielded from the input.

Where the specified terminating impedance is equal to the equipment system impedance, impedance transformers and tuning networks are not necessary.



NOTES

- 1 A conventional signal generator and vector voltmeter or other filter test equipment can be used instead of the network analyzer.
- 2 In order to avoid inaccurate measurements due to noise, it is advisable to work at reasonably high power level or to insert amplifiers in the test fixture to compensate for filter attenuation, or to use a frequency selective network analyzer with small resolution bandwidth to reduce intrinsic noise level.

Figure 5 – Insertion attenuation, phase and group delay measurement

d) Measurement method

Connect the straight-through line between two impedance transformers at the place indicated as position 1 in figure 5. The reading of the magnitude indicator or the CRT display of the network analyzer is taken as the measurement reference level.

Disconnect the line and insert the filter and the tuning network in position 2 shown in figure 5. The relative attenuation to the reference level is the insertion attenuation a_i .

e) *Calcul de l'affaiblissement de transmission a_p*

Lorsque les impédances spécifiées aux bornes du filtre sont égales les unes aux autres, l'affaiblissement de transmission du filtre correspond à l'affaiblissement d'insertion. Lorsqu'elles ne le sont pas, l'affaiblissement de transmission peut être calculé comme suit:

$$a_p = a_i + 10 \log [(R_s + R_L)^2 / (4R_s R_L)]$$

où

a_p est l'affaiblissement de transmission en décibels;

a_i est l'affaiblissement d'insertion en décibels;

R_s est l'impédance d'entrée au secondaire du circuit d'adaptation d'impédance d'entrée;

R_L est l'impédance de sortie au primaire du circuit d'adaptation d'impédance de sortie.

2.4.1.3 *Mesure de la phase*

a) *Principe de la mesure*

Les caractéristiques de la phase peuvent être obtenues à partir du déphasage relatif constaté par comparaison avant et après insertion du filtre en remplacement de la ligne directe comme indiqué à la figure 5. Il convient que cette ligne soit aussi courte que possible, ou qu'elle ait la même longueur électrique que le filtre essayé.

b) *Circuit de mesure*

Le circuit de mesure est le même que celui montré à la figure 5. L'équipement d'essai est placé en mode indication de phase.

c) *Dispositif d'essai du filtre*

Il convient d'utiliser le dispositif prescrit en 2.4.1.2 c).

d) *Méthode de mesure*

Connecter la ligne directe entre les deux transformateurs d'impédance en se plaçant sur la position 1 de la figure 5, page 36. La lecture à l'indicateur de phase ou à l'oscilloscope de l'analyseur de réseaux donne la phase de référence.

Déconnecter la ligne directe et insérer le filtre sur la position 2 de la figure 5. Le déphasage constaté par rapport à la phase de référence est le déphasage d'insertion.

2.4.1.4 *Mesure du retard de groupe*

a) *Principe de la mesure*

La caractéristique du retard de groupe t_g est calculée selon la formule suivante:

$$t_g = \frac{d\phi}{d\omega} \quad , \quad [s] \quad \omega = 2\pi f$$

où

ϕ indique les caractéristiques de phase (retard) du filtre piézoélectrique en radians;

ω est la fréquence angulaire.

En pratique, t_g est déterminé en mesurant le déphasage $\Delta\phi$ entre deux fréquences telles que $\omega \pm \Delta\omega/2$.

$$t_g = \frac{\Delta\phi}{\Delta\omega}$$

e) *Calculation of transducer attenuation a_p*

The transducer attenuation of the filter coincides with the insertion attenuation when the specified terminating impedances are equal to each other. If the impedances are not equal, the transducer attenuation can be calculated as:

$$a_p = a_i + 10 \log [(R_s + R_L)^2 / (4R_s R_L)]$$

where

a_p is the transducer attenuation in decibels;

a_i is the insertion attenuation in decibels;

R_s is the input terminating impedance at the secondary port of the input impedance matching network;

R_L is the output terminating impedance at the primary port of the output impedance matching network.

2.4.1.3 Phase measurement

a) *Principle of measurement*

The phase characteristics can be obtained from the relative phase shift before insertion of the filter and after insertion of the filter replacing the straight-through line in figure 5. The line should be as short as possible, or should have the same electrical length as the filter under test.

b) *Measuring circuit*

The measuring circuit is the same as that shown in figure 5 and the filter test equipment is set to the phase indication mode.

c) *Filter test fixture*

The test fixture prescribed in 2.4.1.2 c) should be used.

d) *Measurement method*

Connect the straight-through line between the impedance transformers at the place indicated as position 1 in figure 5, page 37. The reading of the network analyzer phase indicator or the CRT display corresponds to the reference phase.

Disconnect the line and insert the filter in position 2 of figure 5. The relative phase shift to the reference phase is the insertion phase shift.

2.4.1.4 Group delay measurement

a) *Principle of measurement*

Group delay characteristic t_g is calculated from the following formula:

$$t_g = \frac{d\phi}{d\omega} \quad , \quad [s] \quad \omega = 2\pi f$$

where

ϕ indicates the phase (lag) characteristics of the piezoelectric filters in radians;

ω is the angular frequency.

In practical measurement, t_g is determined by measuring the phase shift $\Delta\phi$ between two frequencies which are expressed as $\omega \pm \Delta\omega/2$.

$$t_g = \frac{\Delta\phi}{\Delta\omega}$$

b) *Circuit de mesure*

Le circuit de mesure est le même que celui représenté à la figure 5. L'équipement d'essai est placé en mode indication du retard de groupe.

c) *Dispositif d'essai du filtre*

Il convient d'utiliser le dispositif prescrit en 2.4.1.2 c).

d) *Méthode de mesure*

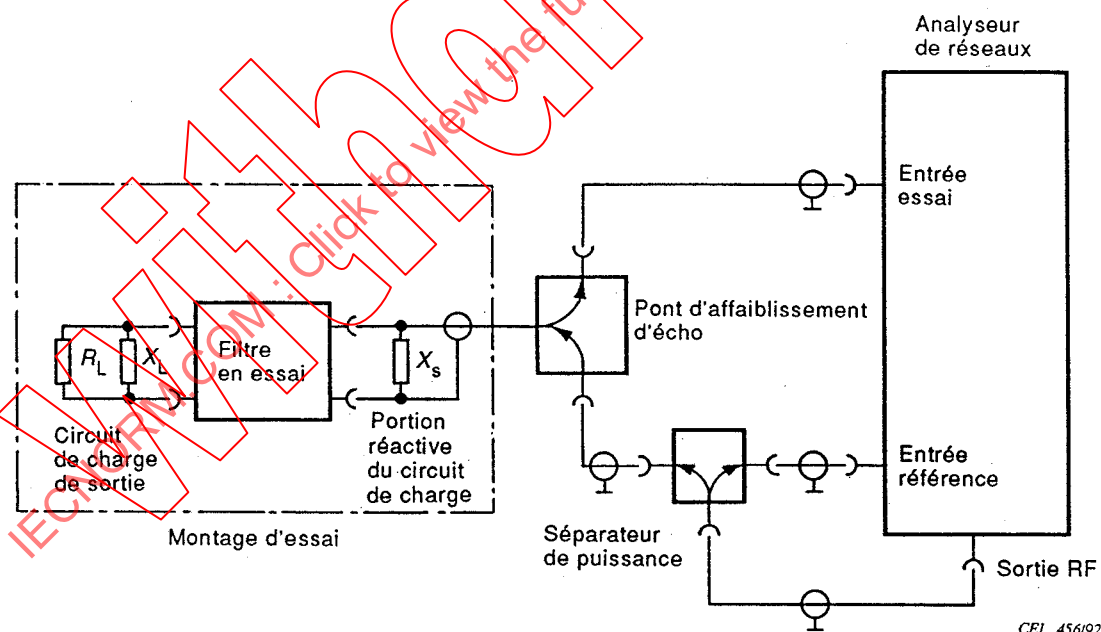
En principe le retard de groupe est calculé en utilisant la formule donnée ci-dessus à partir des caractéristiques de phase du filtre. Lorsque cela est possible, on l'obtient par lecture directe en plaçant l'équipement d'essai sur le mode indication du retard de groupe.

2.4.1.5 *Mesure de l'affaiblissement d'écho*

a) *Principe de la mesure*

Il est important de connaître l'impédance d'un filtre pour mener à bien la construction de circuits d'ajustage et leur installation pratique. L'impédance du filtre (partie réelle et imaginaire), à la sortie duquel on aura placé une impédance de charge spécifiée, peut être mesurée à l'aide d'un pont d'impédance classique ou d'un impédancemètre vectoriel. L'affaiblissement d'écho peut alors être calculé à partir de cette impédance. D'autre part, on peut aussi utiliser un analyseur de réseaux ou un voltmètre vectoriel pour mesurer la valeur et la phase du signal renvoyé à la sortie du filtre. L'impédance peut être calculée à partir des résultats des mesures.

b) *Circuit de mesure de l'affaiblissement d'écho*



NOTES

1 A la place de l'analyseur de réseaux, on peut utiliser un voltmètre vectoriel ou tout autre équipement d'essai pour filtres. Certains de ces équipements offrent l'avantage de présenter les résultats des mesures sous forme d'un graphique de Smith. L'impédance et l'affaiblissement d'écho y sont obtenus par lecture directe.

2 Pour être sûr que les mesures sont exactes, il est recommandé de faire en sorte que la distance séparant le filtre en essai et le pont d'affaiblissement d'écho soit la plus courte possible.

3 Il convient que les impédances nominales des câbles coaxiaux soient exactement égales à celles du système d'équipement de mesure.

Figure 6 – Mesure de l'affaiblissement d'écho

b) *Measuring circuit*

The measuring circuit is the same as that shown in figure 5 and the filter test equipment is set to the group delay indication mode.

c) *Filter test fixture*

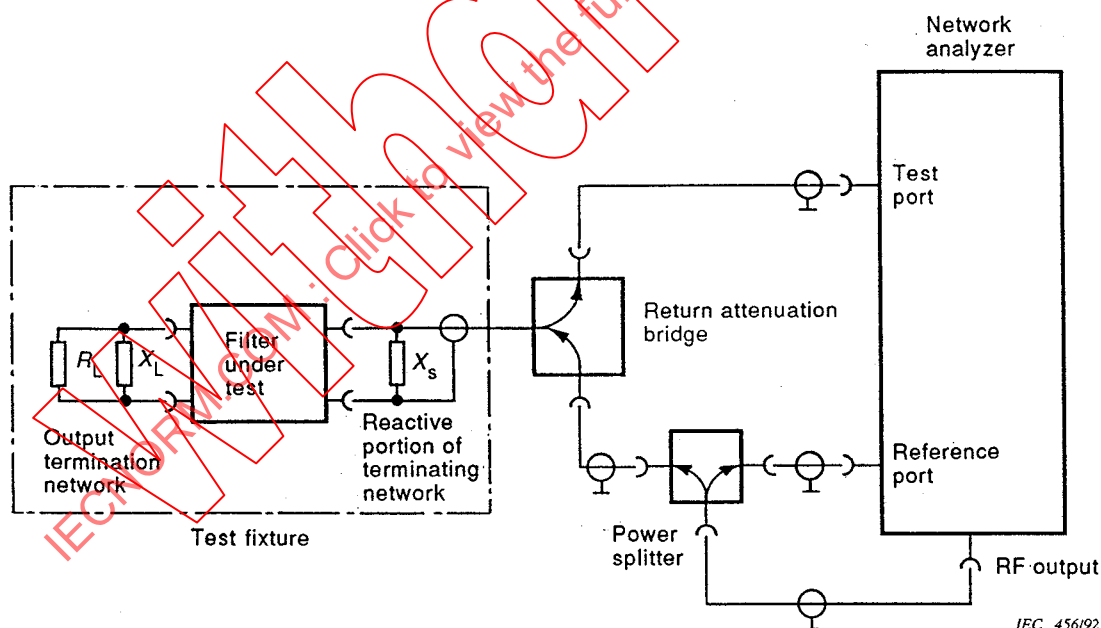
The test fixture prescribed in 2.4.1.2 c) should be used.

d) *Measurement method*

The group delay is fundamentally calculated from the phase characteristics of the filter using the above-mentioned formula. If possible, the filter test equipment should be set to the group delay indication mode to measure the group delay directly.

2.4.1.5 *Return attenuation measurement*a) *Principle of measurement*

It is important to know the impedance of a filter in order to carry out tuning network design and practical installation correctly. The impedance (real and imaginary parts) of the filter, the other end of which is terminated by a specified terminating impedance, may be measured with either a conventional impedance bridge or a vector impedance meter. The return attenuation can be calculated from the impedance of the filter. On the other hand, a network analyzer or vector voltmeter can also be used for measuring the magnitude and the phase of the return signal reflected at the end of the filter. The impedance can be calculated from the measured results.

b) *Return attenuation measuring circuit*

NOTES

- 1 A vector voltmeter or other filter test equipment can be used instead of the network analyzer. Some of these types of equipment offer the measured results in a Smith chart display. The impedance and return attenuation can be read directly from the chart.
- 2 The distance between the return attenuation bridge and the filter under test should be as short as possible to ensure accurate measurements.
- 3 The nominal impedances of the cables should be exactly equal to the equipment system impedance.

Figure 6 – Return attenuation measurement

c) *Dispositif d'essai du filtre*

Le dispositif d'essai doit comporter un connecteur permettant de relier ou non le filtre au pont d'affaiblissement d'écho. Il convient que la longueur de la ligne reliant le filtre au connecteur soit aussi courte que possible. Pour les équipements assistés par ordinateur, la référence est établie au niveau du connecteur pour présenter les conditions de circuit ouvert, de court-circuit et l'impédance de référence ainsi que pour emmagasiner les valeurs mesurées destinées à établir la valeur correcte de l'impédance de filtre.

d) *Méthode de mesure*

Débrancher le câble du connecteur du montage d'essai. Les lectures de la magnitude et de la phase de l'analyseur de réseaux sont normalisées comme étant égales au niveau de référence et à la phase.

L'affaiblissement relatif et le déphasage par rapport au niveau et à la phase de référence sont l'affaiblissement d'écho pour l'impédance du système du pont d'affaiblissement d'écho.

e) *Relation entre l'impédance du filtre et l'affaiblissement d'écho*

La réflectance au connecteur du montage d'essai est représentée par l'équation suivante:

$$r = |r| \exp(j\phi)$$

où

r est la réflectance et

$|r|$ sa valeur absolue, c'est-à-dire le coefficient de réflexion

ϕ est le déphasage réflectif, en radians.

L'impédance du filtre peut être calculée à l'aide de la formule suivante:

$$Z = Z_0 \frac{1 + r}{1 - r}$$

où

Z est l'impédance du filtre

Z_0 est l'impédance de l'équipement d'essai du filtre.

Lorsque la mesure est effectuée avec un pont d'impédance classique, l'affaiblissement d'écho pour l'impédance de charge spécifiée peut être aussi calculée à partir de l'impédance du filtre Z comme suit:

$$a_r \text{ (dB)} = 20 \log \left| \frac{Z + Z_{ch}}{Z - Z_{ch}} \right|$$

où Z_{ch} est l'impédance de charge spécifiée.

2.4.1.6 *Mesure de la distorsion d'intermodulation*

a) *Principe de la mesure*

Deux signaux non modulés de niveaux L_1 et L_2 et de fréquences f_1 et f_2 spécifiés dans la spécification particulière correspondante sont appliqués simultanément à l'entrée du filtre; leur niveau de puissance à la sortie du filtre est comparé à celui de la combinaison des signaux de fréquence $\pm nf_2 (n-1) f_1$, où n est un nombre entier, apparaissant à la sortie dans la bande passante du filtre et produit par des effets non linéaires des composants de celui-ci.

c) *Filter test fixture*

The test fixture shall have a connector to connect the filter to and disconnect the filter from the return attenuation bridge. The length of wiring between the test fixture connector and the filter should be as short as possible. For computer-aided measurement equipment, reference is established at the test fixture connector presenting open circuit, short circuit and reference impedance to the connector and storing the measured values for correction of filter impedance measurement.

d) *Measurement method*

Disconnect the cable from the test fixture connector. The readings of the magnitude and phase of the network analyzer are normalized to be the reference level and phase.

The relative attenuation and phase shift to the reference level and phase are the return attenuation for the system impedance of the return attenuation bridge.

e) *Relation between filter impedance and return attenuation*

Reflectivity at the fixture connector is represented by the following equation:

$$r = |r| \exp(j\varphi)$$

where

r is the reflectivity and

$|r|$ is its absolute value, i.e. reflection coefficient

φ is the reflective phase shift in radians.

The impedance of the filter can be calculated from the following formula:

$$Z = Z_0 \frac{1+r}{1-r}$$

where

Z is the impedance of the filter and

Z_0 is the impedance of the filter test equipment.

When the measurements are made with a conventional impedance bridge, the return attenuation for the specified terminating impedance can also be calculated from the filter impedance Z , as follows:

$$a_r \text{ (dB)} = 20 \log \left| \frac{Z + Z_t}{Z - Z_t} \right|$$

where Z_t is the specified terminating impedance.

2.4.1.6 *Intermodulation distortion measurement*

a) *Principle of measurement*

Two unmodulated signals of levels L_1 and L_2 and frequencies f_1 and f_2 as specified in the relevant detail specification are simultaneously applied to the input of the filter; their power level at the output of the filter is compared to the power level of the combination on signals with the frequencies $\pm n f_2$ ($n-1$) f_1 , where n is an integer, produced at the output due to the non-linear effects of the filter components, and lying within the pass band of the filter.

b) *Circuit de mesure*

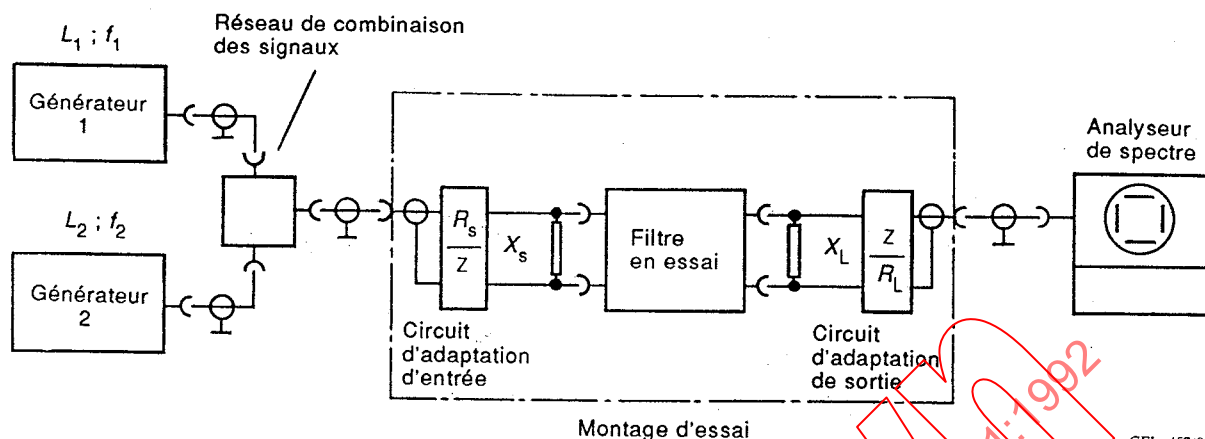


Figure 7 – Mesure de la distorsion d'intermodulation

c) *Réseau de combinaison des signaux*

Il s'agit généralement d'un dispositif résistif linéaire procurant un isolement suffisant entre les générateurs de signaux afin d'éviter l'intermodulation éventuellement produite dans leurs circuits de sortie.

d) *Générateurs de signaux*

Ils doivent non seulement couvrir la gamme de fréquences et être suffisamment puissants pour fournir la puissance correcte au filtre après le passage dans le réseau d'adaptation, mais ils doivent aussi avoir à leur sortie un rapport signal sur bruit très élevé et un très faible taux d'harmoniques résiduels.

e) *Analyseur de spectre*

La sélectivité d'analyseur de spectre détermine, avec la largeur de bande du filtre, lequel des produits d'intermodulation sera mesuré. L'analyseur de spectre doit avoir un affaiblissement relatif supérieur à $P + 10$ dB à f_1 et f_2 lorsqu'il est ajusté au produit d'intermodulation correspondant, P étant le niveau spécifié de la distorsion d'intermodulation. L'analyseur de spectre doit aussi offrir une protection suffisante contre les produits d'intermodulation intrinsèques de même ordre que ceux qui sont à mesurer.

NOTE - Ces prescriptions peuvent être observées en utilisant un détecteur accordé ou niveaumètre sélectif convenable.

f) *Méthode de mesure*

Régler les deux générateurs de signaux pour fournir les fréquences ($f_1; f_2$) et les niveaux ($L_1; L_2$) spécifiés dans la spécification particulière correspondante. Les deux niveaux L_1 et L_2 sont identiques.

Ajuster l'analyseur de spectre pour observer sur l'écran d'oscilloscope le signal d'essai à deux fréquences et les produits d'intermodulation intéressés, par exemple, $f_2 + f_1$; $2f_2 - f_1$; $2f_2 + f_1$, etc.

La distorsion d'intermodulation est la différence en décibels entre le niveau L_1 (ou L_2) et celui du produit d'intermodulation intéressé. La distorsion d'intermodulation du produit de deuxième ou troisième ordre est particulièrement importante.

NOTE - Il est recommandé de vérifier que l'équipement d'essai produit un niveau acceptable faible de distorsion d'intermodulation en répétant l'essai, le filtre étant enlevé.

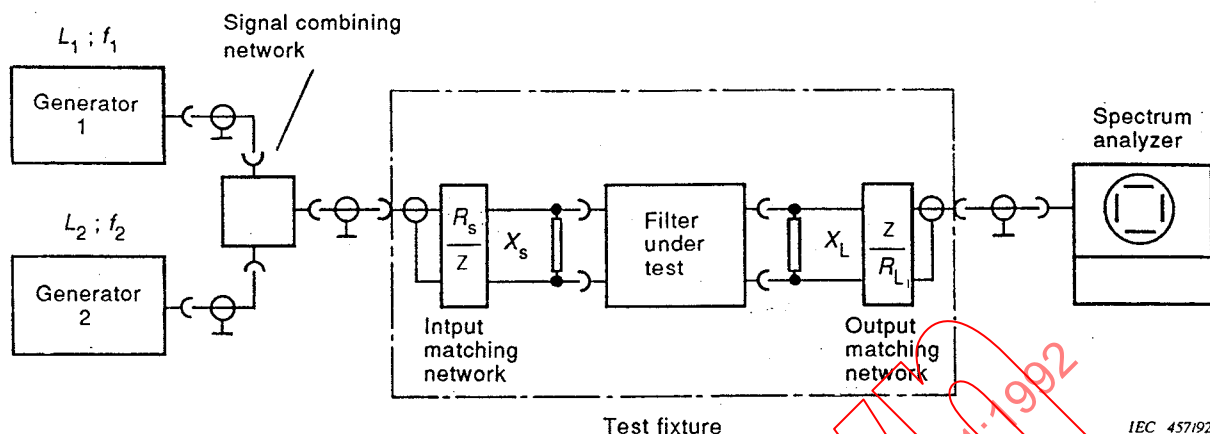
b) *Measuring circuit*

Figure 7 – Intermodulation distortion measurement

c) *Signal combining network*

This will normally be a linear resistive device providing sufficient isolation between the signal generators to prevent intermodulation occurring in the output circuits.

d) *Signal generators*

These are required not only to cover the frequency range and to have sufficient power level to provide the correct power at the filter after passing through the matching network, but also to provide output with extremely high signal-to-noise ratio and low higher harmonic content.

e) *Spectrum analyzer*

The selectivity of the spectrum analyzer together with the bandwidth of the filter will determine which of the intermodulation products is to be measured. The spectrum analyzer shall have a relative attenuation greater than $P + 10$ dB at f_1 and f_2 when tuned to the relevant intermodulation product and where P is the specified level of intermodulation distortion. The spectrum analyzer shall also provide sufficient guard against intrinsic intermodulation products which shall be of the same order as those being measured.

NOTE - These requirements may be met by using a suitable tuned detector or selective level meter.

f) *Measurement method*

Set frequencies (f_1 ; f_2) and levels (L_1 ; L_2) of two signal generators as specified in the detail specification. The two levels L_1 and L_2 are identical.

Adjust the spectrum analyzer to display the two-tone test signal and the intermodulation products of interest, for example, $f_2 + f_1$; $2f_2 - f_1$; $2f_2 + f_1$, etc.

The intermodulation distortion is the difference in decibels between the level L_1 (or L_2) and that of the intermodulation product of interest. In particular, the intermodulation distortion of second and third order products is important.

NOTE - It is advisable to check that the test equipment is producing acceptable low levels of the intermodulation distortion by repeating the test without the filter.

g) *Calcul du point d'interception*

Si cela est souhaitable, le point d'interception de deuxième ou de troisième ordre (figure 8, page 48) peut être calculé à partir de la distorsion d'intermodulation à l'aide des formules suivantes:

$$PI2 = L_1 + a_{d2} \text{ dB}$$

$$PI3 = L_1 + \frac{a_{d3}}{2} \text{ dB}$$

où

PI2 est le point d'interception de deuxième ordre

PI3 est le point d'interception de troisième ordre

a_{d2} est la distorsion d'intermodulation de deuxième ordre en décibels au niveau L_1

a_{d3} est la distorsion d'intermodulation de troisième ordre en décibels au niveau L_1

L_1 est l'un des deux niveaux identiques du signal à deux fréquences, comme il est décrit en 2.4.1.6 a).

2.4.2 *Conditions de mesure*

2.4.2.1 *Mesure de l'affaiblissement d'insertion, de la caractéristique de phase et de la caractéristique du retard de groupe aux impédances de charge spécifiées et dans des conditions atmosphériques normales*

a) Le filtre doit être inséré dans le circuit d'essai décrit en 2.4.1.2 avec les impédances de charge spécifiées données dans la spécification particulière correspondante.

b) L'affaiblissement d'insertion, la caractéristique de phase et celle du retard de groupe doivent être dans les limites spécifiées dans la spécification particulière correspondante.

g) *Calculation of intercept-point*

If of interest, the second or third order intercept-point (figure 8, page 49) may be calculated from the intermodulation distortion by the following formulae:

$$\text{IP2} = L_1 + a_{d2} \text{ dB}$$

$$\text{IP3} = L_1 + \frac{a_{d3}}{2} \text{ dB}$$

where

IP2 is the second order intercept-point

IP3 is the third order intercept-point

a_{d2} is the second order intermodulation distortion in decibels at the level L_1

a_{d3} is the third intermodulation distortion in decibels at the level L_1

L_1 is the one of the two identical levels of the two-tone-signal as described in 2.4.1.6 a).

2.4.2 *Measurement conditions*

2.4.2.1 *Measurement of insertion attenuation, phase and group delay characteristics at specified terminating impedances and at standard atmospheric conditions*

- a) The filter shall be inserted in the test circuit of 2.4.1.2 with the specified terminating impedance given in the relevant detail specification.
- b) Insertion attenuation, phase, and group delay characteristics shall be within the limits stated in the relevant detail specification.

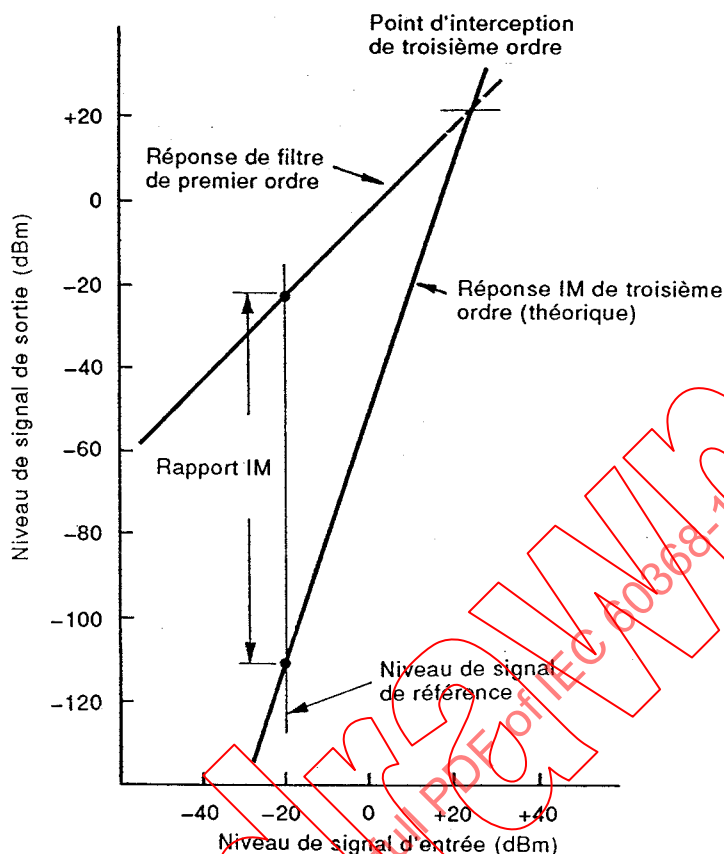


Figure 8 – Réponse d'intermodulation pour un filtre piézoélectrique typique. La pente de la ligne dépend de l'ordre du partiel, la fréquence fondamentale a la pente 1 et le troisième partiel a la pente 3. L'intersection de la fréquence fondamentale et celle de troisième ordre donne le point d'interception

2.4.2.2 *Mesure de l'affaiblissement d'insertion, de la caractéristique de phase et de la caractéristique du retard de groupe en fonction de la température*

a) Le filtre doit être inséré dans le circuit d'essai décrit en 2.4.1.2 et l'affaiblissement d'insertion et les caractéristiques de phase mesurés dans la gamme de températures spécifiée, au niveau d'excitation nominal et avec les impédances de charge spécifiées dans la spécification particulière correspondante.

b) L'affaiblissement d'insertion, la caractéristique de phase et celle du retard de groupe doivent être dans les limites spécifiées dans la spécification particulière correspondante.

2.4.2.3 *Mesure de l'affaiblissement d'écho aux impédances de charge spécifiées et dans des conditions atmosphériques normales*

a) Le filtre doit être inséré dans le circuit d'essai décrit en 2.4.1.5 et l'affaiblissement d'écho est mesuré au niveau d'excitation et avec les impédances de charge spécifiées dans la spécification particulière correspondante.

b) L'affaiblissement d'écho doit être dans les limites spécifiées dans la spécification particulière correspondante.

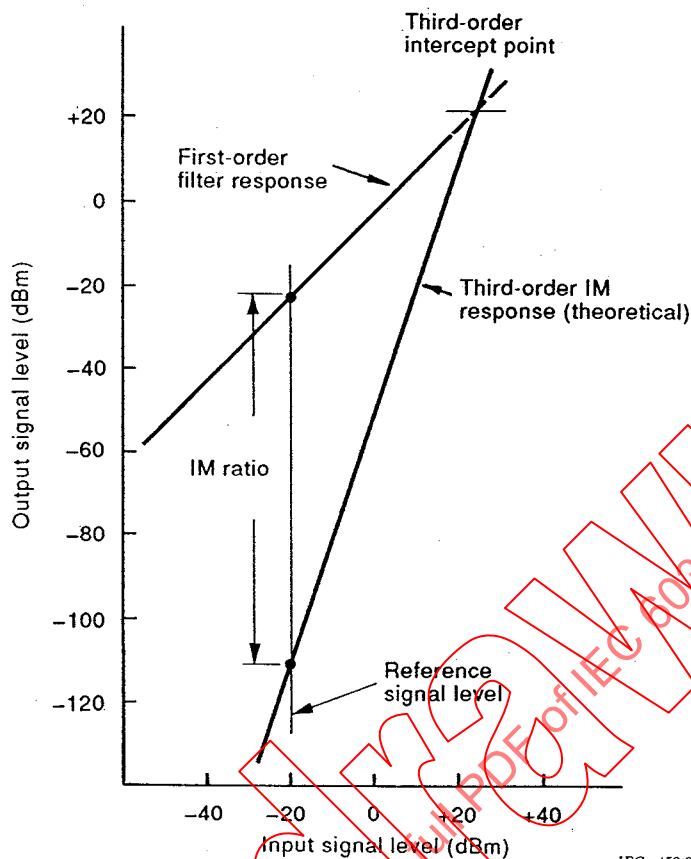


Figure 8 – Intermodulation response for a typical piezoelectric filter. The slope of the line depends on the order, the fundamental has a slope of 1, and the third order has a slope of 3. The intersection of the fundamental and third order yields the intercept point

2.4.2.2 Measurement of insertion attenuation, phase and group delay characteristics as a function of temperature

- a) The filter shall be inserted in the test circuit of 2.4.1.2 and the insertion attenuation and phase characteristics measured over the specified temperature range, at the nominal level of drive and with the terminating impedances specified in the relevant detail specification.
- b) Insertion attenuation, phase and group delay characteristics shall be within the limits stated in the relevant detail specification.

2.4.2.3 Measurement of return attenuation at specified terminating impedances and at standard atmospheric conditions

- a) The filter shall be inserted in the test circuit as described in 2.4.1.5 and the return attenuation measured at the level of drive and with the terminating impedances specified in the relevant detail specification.
- b) The return attenuation shall be within the limits stated in the relevant detail specification.